



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Gebrauchsmust r**  
⑩ **DE 296 22 254 U 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 P 7/63**

②① Aktenzeichen:	296 22 254.2
②② Anmeldetag:	21. 12. 96
④⑦ Eintragungstag:	16. 4. 98
④③ Bekanntmachung im Patentblatt:	28. 5. 98

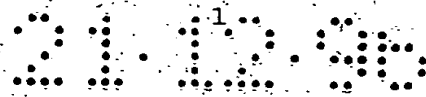
⑦③ Inhaber:  
AEG Hausgeräte GmbH, 90429 Nürnberg, DE

⑤④ Leistungselektronik für einen Synchronmotor

DE 296 22 254 U 1

S.N. 070, 879 AP.

DE 296 22 254 U 1



FC-1996/136

Fs-ub

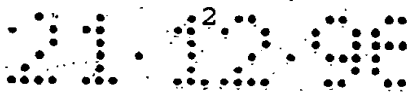
17.12.1996

AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

## Beschreibung

### Leistungselektronik für einen Synchronmotor

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Leistungselektronik für einen Synchronmotor, insbesondere Synchronmotor in Permanentmagnet- oder Reluktanzausführung unabhängig von der Pol- und Phasenzahl.
- 10 Synchronmotoren werden in einer Vielzahl von technischen Anwendungen eingesetzt, wie z.B. in der Hausgeräte-, Automobil- und Werkzeugindustrie. Vielerorts haben sie sich durchgesetzt gegen traditionell eingesetzte Universalmotoren, weil sie bezüglich der Geräuschentwicklung, der Lebensdauer, des
- 15 Gewichts und Volumens und der Vereinfachung und Standardisierung ihres Fertigungsprozesses erhebliche Vorteile gegenüber den Universalmotoren aufweisen und zudem kostengünstiger herstellbar sind.
- 20 Bei einem Synchronmotor wird der vormagnetisierte Rotor (Permanent-Magnet oder Reluktanz) durch ein in den Statorwicklungen erzeugtes Magnetfeld synchron zu der Frequenz des treibenden Stroms im so erzeugten Magnetfeld angetrieben. Dabei tritt jedoch das Problem auf, daß die in einer
- 25 Statorwicklung gespeicherte magnetische Feldenergie nicht ausschließlich in Bewegungsenergie des Rotors umsetzbar ist.



AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese derzeit nicht nutzbare Restenergie günstig zu verwerten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Leistungselektronik für einen Synchronmotor vorliegt, bei der Mittel vorgesehen sind, die bei der Bestromung einer Phasenwicklung in dessen Induktivität gespeicherte, aber nicht in Bewegungsenergie umgesetzte Restenergie beim Umschalten auf die andere Phasenwicklung auf diese andere Phasenwicklung transferieren.

Auf diese Weise geht diese Restenergie nicht als Verlustleistung verloren, sondern wird abzüglich der nicht vermeidbaren physikalisch bedingten Verluste erneut zum Antrieb des Rotors, diesmal jedoch bei der jeweils anderen Phasenwicklung, genutzt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Ansprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- Figur 1 im schematisch dargestellten Schaltbild eine erste Variante zur Transferierung der Restenergie;  
Figur 2 im schematisch dargestellten Schaltbild eine zweite Variante zur Transferierung der Restenergie; und



FC-1996/136  
Fs-ub  
17.12.1996

AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

Figur 3 im schematisch dargestellten Schaltbild eine dritte Variante zur Transferierung der Restenergie;

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung das Schaltbild einer Leistungselektronik für einen zweipoligen Synchronmotor. Zwei Phasenwicklungen 2, 4 werden über eine Gleichrichterbrücke, eine sogenannte Graetz-Brücke 6, und Schalter S1 und S2 alternierend an eine hier nicht weiter dargestellte Spannungsquelle angeschlossen. Parallel zu den Phasenwicklungen 2 und 4 ist ein Zwischenkreiskondensator C2 geschaltet.

Die während der Bestromung einer der beiden Phasenwicklungen 2, 4 in deren Induktivität gespeicherte magnetische Feldenergie, d.h. die während der Bestromung nicht in Bewegungsenergie umgesetzte elektrische Restenergie, wird mittels transformatorischer Kopplung, vorliegend mittels eines Jochs 8, beim Umschalten auf die jeweils andere Phasenwicklung in dessen Induktivität transferiert. Sieht man daher einmal von den Ummagnetisierungsverlusten im Joch 8 und den ohmschen Verlusten in den Phasenwicklungen 2, 4 ab, so wird doch ein großer Teil der nicht in Bewegungsenergie umsetzbaren Restenergie rekuperativ von einer in die andere Phasenwicklung und wieder zurück geschifft.

Figur 2 zeigt in schematischer Darstellung das Schaltbild einer zu Variante gemäß Figur 1 alternativen oder mit dieser kombinierbaren zweiten Variante. Aufgrund einer konstruktiv

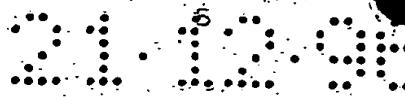
AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

bedingten und/oder einer ansteuerbedingten Totzeit wird beim Abschalten einer bestromten Induktivität, also einer der beiden Phasenwicklungen 2, 4, eine Überspannung an den Schaltern S1 bzw. S2 bewirkt. Diese Schalter können beispielsweise als IGBT's, MOSFETs oder Bipolartransistoren ausgeführt sein. Die auftretende Überspannung wird über die Diode D1 bzw. D2 in ein für beide Schalter S1, S2 gleichsam verwendete RC-Entlastungsnetzwerk R1, C1 transferiert.

Alternativ oder zusätzlich zu dieser zweiten Variante zeigt die Figur 3 in schematischer Darstellung das Schaltbild einer dritten Variante. Diese gegenüber der zweiten Variante verlustärmere Variante zeigt zwei Entmagnetisierungswicklungen 10, 12, die streng an die Phasenwicklungen 2, 4 gekoppelt sind.

Diese Entmagnetisierungswicklungen 10, 12 transferieren die nicht als Bewegungsenergie umgesetzte Restenergie mittels transformatorischer Kopplung in den Zwischenkreiskondensator C2 zurück. Die Dioden D3, D4 sind nur während der Entmagnetisierungsphase leitend, wodurch verhindert ist, daß ein unerwünschter (Verlust)Energiefluß über die Entmagnetisierungswicklungen 10, 12 während der Bestromungsphase der Phasenwicklungen 2, 4 auftritt.

Unabhängig von allem Vorangesagtem kann die Leistungselektronik auch derart ertüchtigt sein, daß eine Drehzahlveränderung durch ein gezieltes Austasten bestimmter Bestromungssequenzen ermöglicht ist. Eine hier nicht weiter dargestellte Steuereinheit als diskrete, hardwaremäßige Lösung oder ein



FC-1996/136

Fs-ub

17.12.1996

AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

Programmablauf als softwaremäßige Lösung in einem Mikrocontroller blendet entsprechend den an der Steuereinheit angeforderten prozentualen Anteil Bestromungssequenzen aus. Eine Bestromungssequenz besteht aus der aufeinanderfolgenden Bestromung der beiden Phasenwicklungen 2, 4. So wird beispielsweise für eine geforderte Leistung von 90% der Gesamtleistung jede zehnte Bestromungssequenz ausgeblendet. Dies kann beispielsweise durch entsprechende Steuerung der als Halbleiterventile ausgebildeten Schalter S1 und S2 vollzogen werden. Infolge der Reduzierung der angebotenen Leistung reduziert sich das Drehmoment des Synchronmotors. Dies wirkt sich dahingehend aus, daß sich aufgrund der angelegten Last die Drehzahl entsprechend der spezifischen Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ändert.

Desweiteren kann die Gestaltung eines notwendigen Tastverhältnisses durch den Einsatz eines Mikrocontrollers bewirkt werden. Hierbei ist ein hier nicht weiter dargestellter Sensor erforderlich, der die Lage des Rotors relativ zum Stator detektiert. Ein derartiger Sensor kann gemäß dem Stand der Technik als Hall-Sonde oder auch optisch oder mechanisch vorgesehen sein. Die Lageerkennung startet in Abhängigkeit von der festgestellten Rotorposition die Bestromungssequenz für die Phasenwicklungen 2, 4. Bedingt durch konstruktive Eigenschaften sind die Zeitspannen zwischen Bestromungszeitpunkt und der günstigsten, in die Bestromung hineinlaufenden Stator-Rotor-Position für den Anlauf und den bevorzugten Arbeitspunkt bei hoher Drehzahl unterschiedlich. Der Mikrocontroller regelt

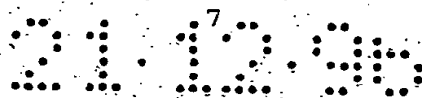
AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

entsprechen der Ist-Drehzahl diesen Zeitunterschied zwischen  
der Stator-Rotor-Position und dem Bestromungszeitpunkt  
entsprechend einer motorspezifischen Arbeitspunkttafel nach.

Eine derartige Tabelle kann als Kennfeld oder auch als

- 5 drehzahlabhängiger funktionaler Zusammenhang, beispielsweise  
als rationale Funktion, in einem im Mikrocontroller  
integrierten Speicherelement abgelegt sein. Der Mikrocontroller  
kann hierzu als Hybridchip oder dergleichen aufgebaut sein.

h



FC-1996/136

Fs-ub

17.12.1996

AEG Hausgeräte GmbH  
D-90327 Nürnberg

### Ansprüche

1. Leistungselektronik für einen Synchronmotor, wobei Mittel vorgesehen sind, die bei der Bestromung einer Phasenwicklung (2,4) in dessen Induktivität gespeicherte, aber nicht in Bewegungsenergie umgesetzte Restenergie beim Umschalten auf die jeweils andere Phasenwicklung (2,4) auf diese andere Phasenwicklung (2,4) transferieren.
2. Leistungselektronik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Restenergie mittels transformatorischer Kopplung, insbesondere über ein Joch (8), transferiert wird.
3. Leistungselektronik nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Restenergie in ein RC-Glied (R1,C1) transferiert wird.
4. Leistungselektronik nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß den Hauptwicklungen (2,4) der Phasen enggekoppelte Entmagnetisierungswicklungen (10,12) zugeordnet sind, die die Restenergie in einen Zwischenkreiskondensator (C2) transferieren.
5. Leistungselektronik für einen Synchronmotor, bei der Mittel zur gezielten Austastung bestimmter Bestromungssequenzen der mindestens zwei Phasen vorgesehen sind.



1/2

21.12.95

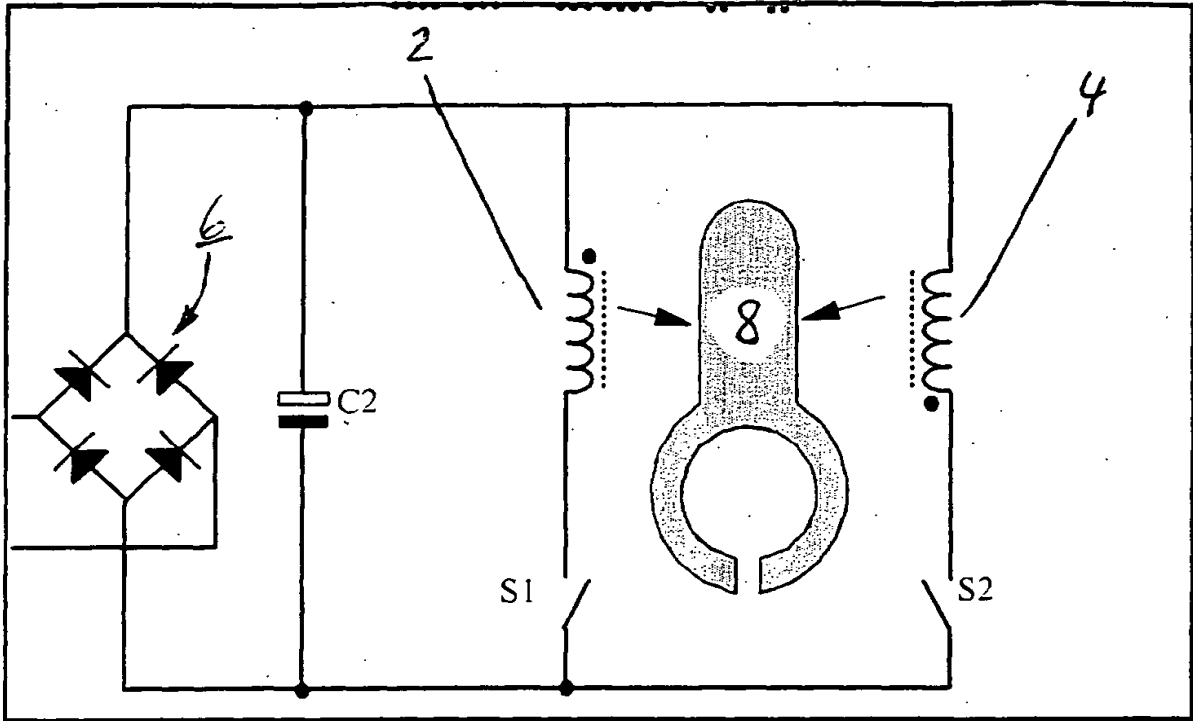


Fig. 1

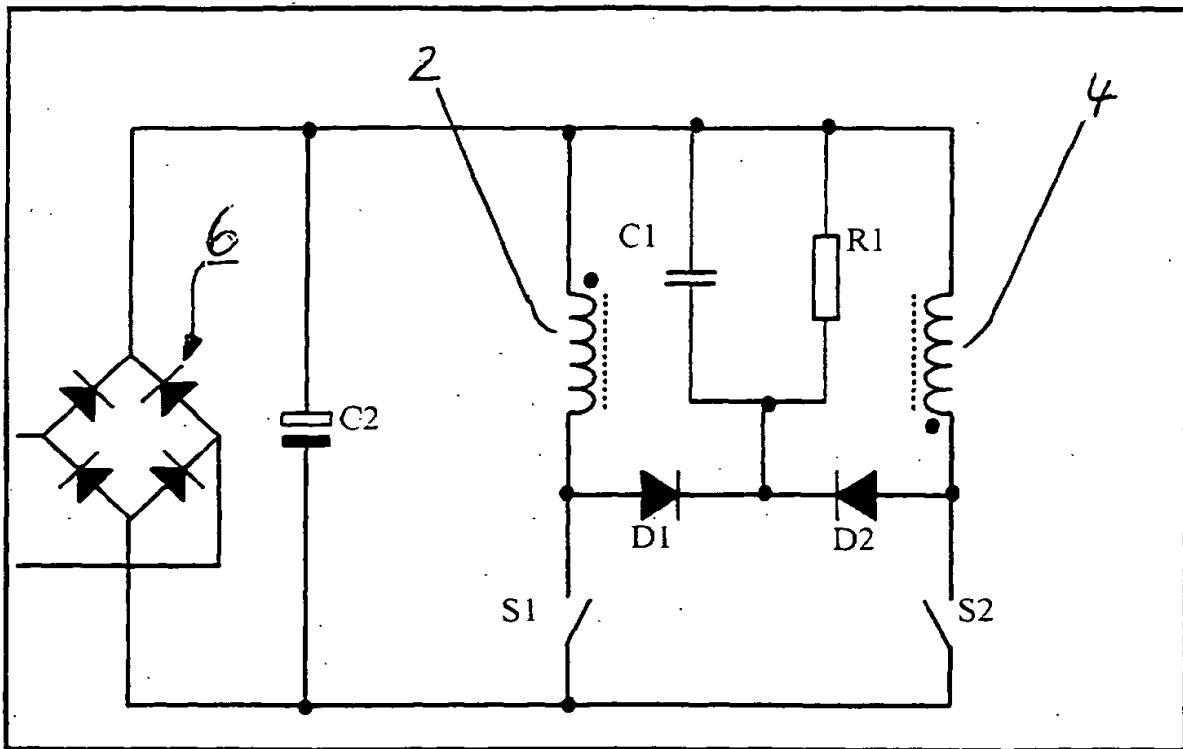


Fig. 2

2/2  
21.12.96

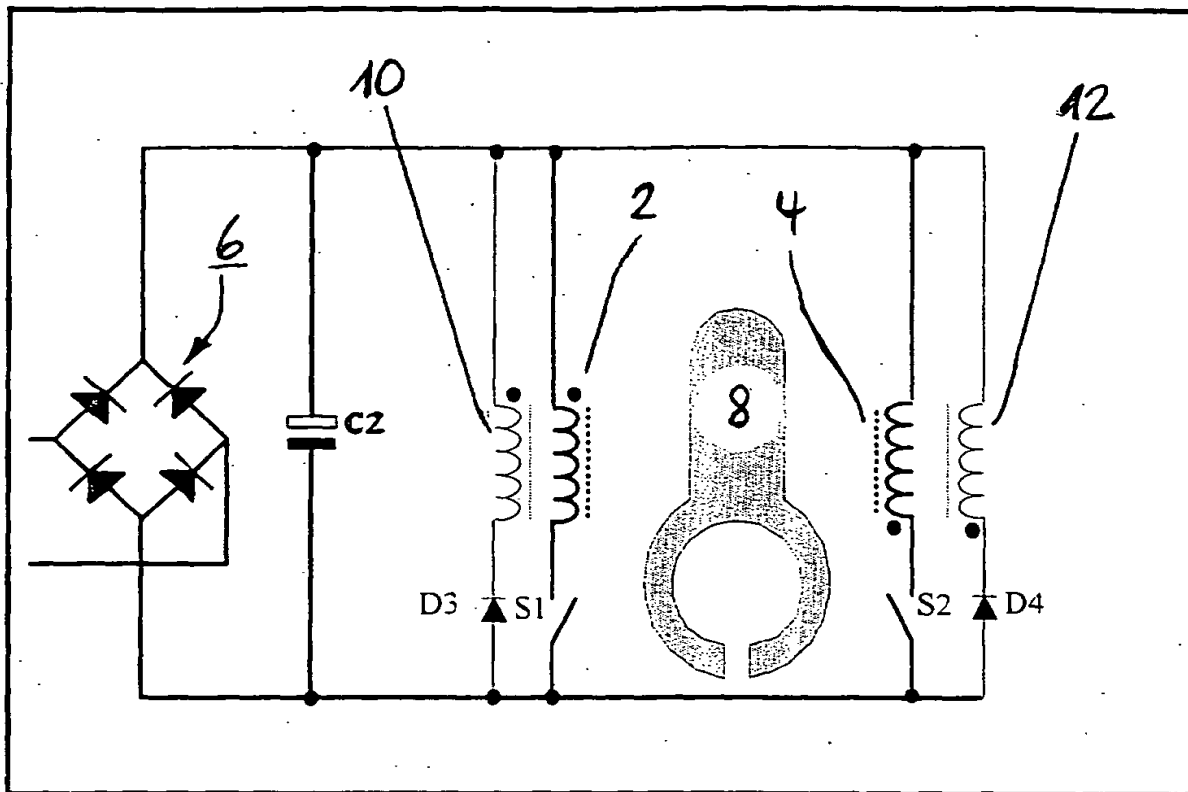


Fig. 3